Aus der Med. Universitäts-Poliklinik zu Frankfurt am Main
(Direktor: Professor Dr. Gänsslen)

Die Ausnutzung des Knäckebrotes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin, der hohen medizinischen Fakultät der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

THEO WENZEL

Schmitten im Taunus

im September 1936.

Aus der Med. Universitäts-Poliklinik zu Frankfurt am Main
(Direktor: Professor Dr. Gänsslen)

Die Ausnutzung des Knäckebrotes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin, der hohen medizinischen Fakultät der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

THEO WENZEL

Schmitten im Taunus

im September 1936.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität
zu Frankfurt a. M.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Referent: Priv. Doz. Dr. W. Heupke
Dekan: Prof. Dr. Pfuhl

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552326_0035

Die Ausnutzung des Knäckebrotes.

Das Knäckebrot gehört zu den Fladen, einer eigentümlichen Gruppe von Gebäcken, die bei uns in Deutschland wenig Verwendung finden. Einst aber waren diese Fladengebäcke die wichtigste Zubereitungsform, in der das Getreide verzehrt wurde.

In der historischen Entwicklung der Getreidespeisen unterscheiden wir auf Grund der verdienstvollen Untersuchungen von Maurizio mehrere Stufen. Die einfachste Form, in welcher Getreide verzehrt wird, besteht in dem Rösten der Körner, die dann unmittelbar gegessen, oder, nachdem sie zerstoßen und mit Wasser als Brei angemacht waren, verzehrt werden. Das Rösten des Getreides ist bei uns heute nicht mehr üblich; früher dagegen ist es häufig verwandt worden. So wurde die bekannte Ptisane aus gerösteter Gerste hergestellt. In der Lutherischen Bibelübersetzung ist von „Sangen" die Rede, die auf dem Felde verzehrt wurden. Diese Sangen sind geröstete Getreidekörner, die roh gegessen werden können. In Luthers Zeit waren sie also noch bekannt, da ein besonderer Name für diese Zubereitungsform vorhanden war. Nach dem Rösten lassen sich die groben Spelzen durch Reiben zwischen den Handflächen entfernen, außerdem ist die Stärke des Mehlkerns durch das Rösten aufgeschlossen und besser verdaulich geworden. Diese Sangen werden auch heute noch in manchen Gegenden der Welt, wie in Sibirien, zur Nahrung verwandt.

Die nächste Stufe der Getreideverarbeitung sind die Fladen, ungesäuerte Gebäcke, welche sich von unseren Broten dadurch unterscheiden, daß sie keinen Gärungsprozeß durchgemacht haben, also nicht oder kaum gelockert sind. Diese Fladen lassen sich auf sehr einfache Weise herstellen. Das Getreide wird geschrotet und gemahlen, dann mit Wasser oder Milch angerührt, der Teig wird zu flachen, meist runden Scheiben ausgestrichen und dann gebacken. Der Backprozeß ist an und für sich der gleiche wie bei der Herstellung unserer Brote. Unter der Einwirkung der Hitze gerinnt das Klebereiweiß des Getreides und bildet ein festes Gerüst, in dessen Maschen die Stärkekörnchen eingeschlossen sind. Bei einer Temperatur von etwa 70 Grad

nimmt die Stärke Wasser auf und verkleistert, wodurch sie leichter verdaulich wird. Die Bereitung der Fladen setzt keinerlei Küchengeräte voraus. Die Fladen lassen sich auf erhitzten glatten Steinen backen, oder sie werden in der glühenden Asche bereitet, nachdem man die Teigmasse, um sie vor Verunreinigungen zu schützen, in Blätter eingewickelt hat. Sie lassen sich auch unter einer tönernen Backhaube oder im primitiven Ofen backen.

Die Herstellung des Brotes setzt dagegen sehr viel größere technische Kenntnisse voraus, sie erfordert vielmehr Sorgfalt und Sauberkeit und bedarf eines gut konstruierten Ofens. Daher lebt auch heute noch der weitaus größte Teil der Menschen von Fladengebäcken und nicht von unserem Brote. Wenn wir die geographische Verteilung der Länder betrachten, in denen Brot bereitet wird und in welchen Fladen vorherrschen, dann ist man immer wieder erstaunt wie klein eigentlich die Brotzone ist. Brot in unserem Sinne ist nur in Europa und in einem kleinen Teil des vorderen Asiens einheimisch. Der Norden, der Westen, der Süden sowie die Mitte Asiens kennen nur Fladengebäcke, die auf mannigfache Weise hergestellt werden. Die Indianer in Nord- und Südamerika stellen aus Mais und anderen Getreidearten Fladengebäcke her, die heute noch in weiten Gebieten dieses Erdteils verbreitet sind und in Südamerika den Namen „Tortilla“ tragen. Auch die einheimische Bevölkerung Australiens kannte nur die Fladengebäcke. Ebenso ist in Afrika unser Brot ursprünglich unbekannt, während Fladengebäcke im ganzen Erdteil verbreitet waren. Selbst in Europa gab es große Gebiete, in denen noch im vorigen Jahrhundert der Fladen das Brot bei weitem überwog. Dies gilt neben bestimmten Teilen des südlichen Europa vor allem von gewissen Gegenden Rußlands und in besonders hohem Maße von den nordischen Ländern. Eins dieser Gebäcke ist das Knäckebrot, das nicht viel länger als seit 10 Jahren aus Schweden zu uns gekommen ist und schon heute große Bedeutung für die Volksernährung und Diätetik erlangt hat.

Wir haben damit gewissermaßen auf eine Ernährungsweise zurückgegriffen, welche unsere Vorfahren vor Jahrtausenden eingehalten haben. Fladenartige Gebäcke von ähnlicher Beschaffenheit wie das Knäckebrot sind in Resten der Pfahlbauten gefunden worden.

Die Schweden halten heute noch an ihrem Flachbrot fest und haben dessen Herstellung zu einer hohen Stufe der Vollkommenheit entwickelt. Das gründlich gereinigte Korn wird in einer Mühle zu 100% vermahlen und sofort nach dem Mahlen verbacken. Da das Mehl nicht gelagert, sondern sofort ver-

backen wird, braucht der Keimling aus dem Mehl nicht entfernt zu werden, der bei längerem Lagern dem Mehl einen ranzigen Geschmack erteilt. Dies ist an und für sich sehr wünschenswert, weil der Keimling des Getreides reich an Nährstoffen, besonders an Lipoiden ist. Außerdem enthalten die Keimlinge beträchtliche Mengen Vitamin B und E. Aus dem Mehl wird mit etwas mehr als der Hälfte Wasser ein Teig bereitet. Dann werden gleichmäßige Fladen von 4—8 mm Höhe geformt und mit einem Werkzeug oberflächlich kleine Löcher eingedrückt, damit das Gebäck nicht blasig wird. Die Fladen werden dann bei großer Hitze etwa 10 Minuten gebacken. Hierbei verlieren sie ihren Wassergehalt bis auf etwa 5%; gleichzeitig wird die Stärke dextrinisiert und dadurch leicht verdaulich. Geschmacksstoffe bilden sich in reichlicher Menge, sodaß das Knäckebrot eines der wohlschmeckendsten Gebäcke ist. Das Knäckebrot ist hart und knusprig und erfordert sorgfältiges Kauen, ein Umstand, der für die Erhaltung der Zähne von Bedeutung ist.

In Schweden wird das Knäckebrot in Scheiben von etwa 30 cm Durchmesser gebacken, welche in der Mitte durchlocht sind. Dann werden sie auf eine Stange gesteckt und unter der Zimmerdecke zum Aufbewahren aufgehängt. Da sich diese Gebäcke sehr lange halten, brauchen die Haushaltungen nur wenige Male im Jahr zu backen. Knäckebrot wird aus Weizen, Roggen, Gerste und Hafer hergestellt. Während im südlichen und mittleren Schweden Gerste und Haferbrote nur zur Abwechslung gegessen werden, bilden sie im Norden die Hauptnahrung, da Roggen und Weizen dort nicht mehr zur Reife gelangen. Auch die Lappländer benutzen die Fladen und verwenden Gerste zu ihrer Herstellung. In manchen Gegenden Schwedens wird den Fladen Blut zugesetzt. Der Gebrauch des Blutes als Nahrungsmittel ist in den verschiedenen Gegenden der Welt verbreitet. So erzählt Herodot von den Skythen, daß sie ihre Tiere zur Ader ließen und das warme Blut tranken. Bei mehreren Stämmen in Afrika ist der gleiche Brauch verbreitet, während andere Völker den Genuß des Blutes verabscheuen. Das bekannteste Beispiel sind die Juden, denen der Genuß des Schlachtblutes in den mosaischen Gesetzen verboten wurde. Es gibt eine ganze Reihe anderer Völker, die ein gleiches Verbot haben. Ueber die Gründe dieses Verbotes hat man mancherlei Vorstellungen entwickelt. Am wahrscheinlichsten ist wohl die Annahme eines religiösen Tabutverbotes aus animistischen Vorstellungen, weil man in dem Blut den Träger des Lebens sieht. Die Blutbeimischung zu Gebäcken findet sich anscheinend nur mehr in wenigen Gegenden, so im nördlichen Rußland und in Schweden. In Deutschland hat sich Kobert

während des Krieges für die Beimengung von Schlachtblut zum Brotteig eingesetzt, um den Nährwert des Kriegsbrotes zu erhöhen.

Für unsere Versuche verwandten wir Knäckebrot, das von der Firma Dr. Kraft in Burg bei Magdeburg hergestellt wurde. Wir haben Ausnutzungsversuche angestellt mit Knäckebrot aus Roggen, Hafer und Weizen. In der Literatur liegt eine Untersuchung über die Ausnutzung des Knäckebrotes aus Roggen von Gröbbels sowie von Dresel und Hettche vor.

Dresel und Hettche stellten bei 6 Personen in viertägigen Perioden vergleichende Ausnutzungsversuche mit Knäckebrot H aus Roggen und mit Roggenschrotbrot an. Sie berechneten für Knäckebrot im Bilanzversuch einen Stickstoffverlust von 37%, für Schrotbrot von 39,6%. Bei der Berechnung der Ausnutzung der Rohfaser fanden sie für Knäckebrot ebenfalls etwas günstigere Werte als bei Vollkornbrot. Von der Rohfaser wurden beim Knäckebrot 49,9% und beim Vollkornbrot 42,1% resorbiert. Offenbar hängt dies damit zusammen, daß die Rohfaser durch die intensivere Hitze bei der Bereitung der Knäckebrote besser aufgeschlossen wird, als bei der Herstellung der Vollkornbrote.

Ausnutzungsversuche mit Knäckebrot sind außerdem von Gröbbels angestellt worden, der etwas ungünstigere Zahlen fand. Bei 5 Versuchspersonen berechnete Gröbbels einen mittleren Stickstoffverlust von 52,3%.

Meine eigenen Versuche habe ich in 5 bezw. 4tägigen Perioden durchgeführt. Der Stuhl wurde mit Tierkohle abgegrenzt. Die Nahrung bestand ausschließlich aus Knäckebrot, Butter und Tee.

Im folgenden gebe ich zunächst die Analysen der verschiedenen von mir verwandten Brote.

Brotart	Wassergehalt in %	Tr. Subst. in %	Kohlehydrat in % der Tr. Subst.	N % der Tr. Subst.
Kn. Roggen	7,3	92,7	86,14	1,498
Kn. Hafer	6,3	93,7	67,0	1,904
Kn. Weizen	7,9	92,1	79,76	1.82

Versuch I mit Knäckebrot aus Roggen.

Nach einem Vortage, bestehend aus einer beliebigen Menge Roggenknäckebrot mit Butter und Tee grenzte ich den Stuhl mit vier Kapseln Carbodenal ab. In den nächsten fünf Tagen

verzehrte ich pro Tag 400 gr. Kn.-Brot, 125 gr. Butter und 1½ Ltr. ungezuckerten Tee. Am Schluß der Versuchsperiode wurde der Stuhl wiederum mit vier Kapseln Carbodenal abgegrenzt. Die Stuhlentleerung erfolgte regelmäßig morgens. Der Kot war breiig, von brauner Farbe und säuerlichem Geruch. Die Verdauung verlief ohne besondere Symptome, kein Sodbrennen, keine Belästigung durch stärkere Flatulenz und kein Aufstoßen. Im mikroskopischen Präparat, gefärbt mit Lugol'scher Lösung, fand sich keine Stärke im Stuhl. Der gesammelte Stuhl wurde in diesem wie in allen anderen Versuchen auf dem Wasserbad eingetrocknet und dann im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz nachgetrocknet. Der Stickstoffgehalt wurde nach dem Verfahren von Kjeldahl, der Kohlehydratgehalt nach Pflüger-Volhard bestimmt. Von Fettbestimmungen habe ich abgesehen, da als Fetträger im wesentlichen nur die verzehrte Butter in Betracht kam. Den Stickstoffgehalt der Butter habe ich nicht berücksichtigt, da er, wie wir aus anderen Versuchen wissen, vollständig resorbiert wird. Die Stickstoffverbindungen des dünnen Teeaufgusses bestehen fast ganz aus Coffein, das ebenfalls aufgesaugt wird. So können bei meiner Versuchsanordnung ohne größere Fehler die Stickstoff- und Kohlehydratwerte des Knäckebrotes und Stuhles gegenübergestellt und miteinander in Vergleich gebracht werden.

Gesamtperiode:

Einnahme:

Brot feucht	2000 gr.
Brot trocken	1854 gr.
Stickstoff	27,772 gr.
Kohlehydrat	1597,04 gr.

Ausfuhr:

Kot feucht	1505 gr.
Kot trocken	310 gr.
Stickstoff	13,627 gr.
Kohlehydrat	97,712 gr.

Einnahme pro Tag:		**Ausfuhr pro Tag:**	
Brot feucht	400 gr.	Kot feucht	301 gr.
Brot trocken	370,8 gr.	Kot trocken	62 gr.
Stickstoff	5,554 gr.	Stickstoff	2,725 gr.
Kohlehydrat	319,41 gr.	Kohlehydrat	19,542 gr.

Bilanz:

Verlust an Trockensubstanz	16,7%
Verlust an Stickstoff	49,06%
Verlust an Kohlehydrat	6,12%

Versuch II mit Knäckebrot aus Hafer:

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie im Versuch I. Der Stuhl wurde ebenfalls mit Carbodenal abgegrenzt. Nach 4 Tagen mußte ich den Versuch abbrechen, da das harte Brot Mundschleimhautverletzungen mit kleinen Geschwüren hervorrief. Die Stuhlentleerung erfolgte regelmäßig morgens. Der Kot war von gelbbrauner Farbe, hatte säuerlichen Geruch und war von breiiger Konsistenz. Während des Haferbrotversuches trat gegenüber dem Roggenbrotversuch eine sehr lästige Flatulenz auf, auch mußte ich wegen der Härte und Trockenheit des Brotes etwa 1/4 Liter Tee mehr trinken. Im mikroskopischen Präparat fand sich ebenfalls wie in allen anderen Versuchen keine Stärke.

Gesamtperiode:

Einnahme:

Brot feucht	1600 gr.
Brot trocken	1499,2 gr.
Stickstoff	28,54 gr.
Kohlehydrat	1004,46 gr.

Ausfuhr:

Kot feucht	1140 gr.
Kot trocken	228,8 gr.
Stickstoff	9,929 gr.
Kohlehydrat	46,35 gr.

Einnahme pro Tag:		**Ausfuhr pro Tag:**	
Brot feucht	400 gr.	Kot feucht	285 gr.
Brot trocken	374,8 gr.	Kot trocken	57,2 gr.
Stickstoff	7,135 gr.	Stickstoff	2,482 gr.
Kohlehydrat	251,12 gr.	Kohlehydrat	11,59 gr.

Bilanz:

Verlust an Trockensubstanz	15,3%
Verlust an Stickstoff	34,79%
Verlust an Kohlehydrat	4,61%

Kontrollversuch III mit Knäckebrot aus Hafer.

Ein Kontrollversuch mit dem gleichen Knäckebrot aus Hafer ausgeführt von einem jungen gesunden Manne unter den gleichen Bedingungen, ergab folgende Werte. Zur Abgrenzung wurden hier Kohle-Compretten 0,25 (Merck) benutzt. Die Stuhlentleerung erfolgte ebenfalls regelmäßig, nur war der Stuhl geformt, von brauner Farbe und säuerlichem Geruch. Die Verdauung verlief ohne besondere Symptome. Auch die Mundschleimhautverletzungen traten nicht auf.

Gesamtperiode:

Einnahme:

Brot feucht	1600 gr.
Brot trocken	1499,2 gr.
Stickstoff	28,54 gr.
Kohlehydrat	1004,46 gr.

Ausfuhr:

Kot feucht	769 gr.
Kot trocken	224 gr.
Stickstoff	11,415 gr.
Kohlehydrat	46,93 gr.

Einnahme pro Tag:		**Ausfuhr pro Tag:**	
Brot feucht	400 gr.	Kot feucht	192,25 gr.
Brot trocken	374,8 gr.	Kot trocken	56 gr.
Stickstoff	7,135 gr.	Stickstoff	2,85 gr.
Kohlehydrat	251,12 gr.	Kohlehydrat	11,73 gr.

Bilanz:

Verlust an Trockensubstanz	14,94%
Verlust an Stickstoff	39,997%
Verlust an Kohlehydrat	4,67%

Versuch IV mit Knäckebrot aus Weizen.

In einem 5tägigen Selbstversuch verzehrte ich täglich eine Brotmenge von 320 gr., sodaß insgesamt 1600 gr. aufgenommen wurden. Das Knäckebrot aus Weizen war von allen Broten am angenehmsten zu essen. Die Stuhlentleerung erfolgte 2mal täglich gegenüber der einmaligen bei den beiden anderen Versuchen. Der Kot war von gelbbrauner Farbe, säuerlichem Geruch und von gleichmäßig breiiger Konsistenz.

Gesamtperiode:

Einnahme:

Brot feucht	1600 gr.
Brot trocken	1473,6 gr.
Stickstoff	26,819 gr.
Kohlehydrat	1174,34 gr.

Ausfuhr:

Kot feucht	1457 gr.
Kot trocken	266,2 gr.
Stickstoff	10,584 gr.
Kohlehydrat	89,10 gr.

Einnahme pro Tag:		**Ausfuhr pro Tag:**	
Brot feucht	320 gr.	Kot feucht	291,4 gr.
Brot trocken	294,72 gr.	Kot trocken	53,24 gr.

Stickstoff	5,364 gr.	Stickstoff	2,117 gr.
Kohlehydrat	234,87 gr.	Kohlehydrat	17,82 gr.

Bilanz:

Verlust an Trockensubstanz	18,07%
Verlust an Stickstoff	39,46%
Verlust an Kohlehydrat	7,58%

Wenn ich das Ergebnis meiner Versuche noch einmal übersichtlich zusammenstelle, dann ergibt sich folgende Tabelle:

Brotart	Verlust an Tr. Subst. in %	Verlust an N. in %	Verlust an Kohlehydrat. in %
Kn. Roggen	16,7	49,06	6,12
Kn. Hafer	15,3	34,79	4,61
Kn. Hafer (Versuch III)	14,94	39,997	4,67
Kn. Weizen	18,07	39,46	7,58

Die Ausnutzung der Kohlehydrate und der Trockensubstanz zeigt relativ geringe Abweichungen. Bei der Ausnutzung des Eiweißes sind die Werte bei der Bilanzberechnung für Hafer und Weizenbrot besser als für Roggenbrot. Insgesamt schwanken sie zwischen 34,79 und 49,06%. Wenn wir mit diesem Ergebnis die Resultate der in der Literatur vorhandenen Ausnutzungsversuche mit Vollkornbrot vergleichen, so zeigt sich, daß die Ausnutzung bei Knäckebrot und Vollkornbrot annähernd die gleiche ist.

Nach einer Zusammenstellung R. O. Neumanns führe ich im folgenden eine Reihe Ausnutzungsversuche mit sehr groben Broten von 97%iger Ausmahlung an.

Autor	Brotsorten	Prozente der Ausmahlung	Tr.Substanz Verlust	Eiweiß-Verlust
G. Meyer	Pumpernickel aus Oldenburg	97	19,3	42,3
M. Rubner	Pumpernickel	97	19,3	43,0
M. Rubner	Schwarzbrot vom Lande aus grob. Roggenmehl rindenfrei	97	15,0	32,0
N. P. Popoff	Soldatenschwarzbrot des Reservebataillons	97	13,23	23,09
N. P. Popoff	Soldatenschwarzbrot der Artilleriebrigade	97	13,83	29,99

Autor	Brotsorten	Prozente der Ausmahlung	Tr. Substanz Verlust	Eiweiß-Verlust
N. P. Popoff	Süßes Schwarzbrot des Marktes (eine Art russischer Pumpernickel)	97	11,89	25,75
N. P. Popoff	Roggenzwieback aus Schwarzbrot d. Reservebataillons	97	18,06	41,03
N. P. Popoff	Roggenzwieback aus Schwarzbrot d. Artilleriebrigade	97	19,69	40,78
Butschynskij	Schwarzbrot aus groben Roggenmehl	97	22,7	36,6
Soloew	Schwarzbrot der Gefangenen	97	14,6	31,2
Tschakalew	Russisches Schwarzbrot	97	13,0	37,0
Wicke	Brot aus nichtdekortiziert. Roggen	97	20,89	46,6
K. B. Lehmann	Russisches Soldatenbrot Gelinckbrot aus ungeschältem Roggen naß vermahlen)	97	18,6	35,3
Panwitz	Pumpernickel (westfälischer) aus grob zerkleinertem Korn	97	15,66	52,04
Hultgren u. Landergren	Roggenbrot aus grob. Roggenmehl (schwed. Knäckebrot)	97	16,65	44,95
O. v. Hellens	Finnisches Roggenbrot, hart getrocknet	97	15,6	29,4
O. v. Hellens	Finnisches Roggenbrot, weich	97	15,9	34,1
O. v. Hellens	Aländer Schwarzbrot	97	15,5	38,7
M. Hindhede	Schrotbrot (grob. Roggenbrot) aus ungesiebt. Mehl	97	12,6	34,7
		97	13,6	34,7
		97	17,0	48,1
		97	12,3	28,1
M. Rubner	Roggenvollkornbrot, Roggen naß vermahlen, nur die Hülle entfernt	97	12,1	35,1

Bei dieser Berechnung ist die Bilanz des Stickstoffs im Magen-Darmkanal zugrunde gelegt worden. Nach neuen Untersuchungen von W. Heupke kann die Bilanz der Ausnützung des Stickstoffs im Magen-Darmkanal nicht gleich gesetzt werden, da ein Teil des Kotstickstoffes aus dem Darmsekret stammt und infolgedessen auch nicht als Ausnutzungsverlust des eingeführten Nahrungseiweißes gebucht werden kann. Diese Stickstoffverbindungen des Stuhles, wie z. B. Schleim, Gallensäuren, Urobilin und andere, haben auch nicht die gleiche Wertigkeit wie

das Nahrungseiweiß. Ihre Ausscheidung in den Darm stellt infolgedessen keinen wirklichen Verlust für den Körper dar. Wenn man die wahre Ausnutzung berechnen will, so muß man den Sekretstickstoff des Darmes vom Kotstickstoff in Abzug bringen. Die Menge des Sekretstickstoffes ist von der Stuhlmenge abhängig und zwar steigt der Anteil des Sekretstickstoffes mit steigender Stuhlmenge. Dies haben W. Heupke und F. Belz in Versuchen mit sehr stickstoffarmer Kost nachgewiesen, indem sie die Stuhlmenge durch Zulage voluminöser Ballaststoffe in wechselnder Weise vermehrten.

N-Einfuhr pro Tag	Stuhlmenge pro Tag	N-Ausfuhr pro Tag	N % im Stuhl
0,306 g B.	13,5 g	0,743 g	5,504
0,343 g H.	15,75 g	0,884 g	5,612
0,456 g H.	25,33 g	1,278 g	5,045
0,709 g H.	27,5 g	1,376 g	5,004
0,34 g H.	31,5 g	1,476 g	4,686
0,662 g B.	39,50 g	1,216 g	3,078

In diesen Versuchen ist die N-Einfuhr immer geringer als die N-Ausfuhr. Außerdem ist nach der Art der Nahrungsmittel, die verabreicht wurden, anzunehmen, daß der gesamte Nahrungsstickstoff resorbiert worden ist. Man muß daher schließen, daß der Stickstoff fast ganz aus dem Darmsekret stammt. Aus ihren Versuchen haben W. Heupke und F. Belz gefolgert, daß bei einer Trockenkotmenge von 20 gr. 1 gr. Stickstoff und bei einer Trokkenkotmenge von 50 gr. etwa 1½ gr. Sekretstickstoff in Abzug zu bringen sind.

Wenn ich bei meinen Versuchen diese Korrektur vornehme und schätzungsweise die wahre Ausnutzung des Stickstoffes der Knäckebrote berechne, dann ergeben sich folgende Werte:

Brotart	N-Bilanz Verlust an N	N-Ausnutz. Verlust an N
Kn. Roggen	49,01 %	15,215%
Kn. Hafer	34,79 %	10,7 %
Kn. Hafer (Versuch III)	39,997%	16,117%
Kn. Weizen	39,46 %	9,675%

Der wirkliche Verlust an Stickstoffsubstanz ist beim Knäckebrot also gering.

In unseren Versuchen haben wir die Ausnutzung der Kohlehydrate im Mittel auf 94,75% berechnet. Gewöhnlich spricht man diese Zahlen als Ausnutzungsverlust der Stärke an. Daß dies nicht richtig ist, geht aus dem Umstand hervor, daß mit der Jodfärbung im Stuhl niemals Stärke nachzuweisen war. Ich glaube deshalb, daß die im Stuhl nachgewiesenen reduzierenden Kohlehydrate bei der Hydrolyse aus den Gerüstsubstanzen der Pflanzenzellen abgespalten worden sind und nicht aus der Stärke des Brotes stammen. Auch in den Ausnutzungsversuchen, die mit verschiedenen Brotarten vorliegen, wird die Berechnung der im Stuhl nachweisbaren reduzierenden Kohlehydrate als Verlust der eingeführten Stärke zu Unrecht erfolgt sein.

Das Knäckebrot ist also ein gut ausnutzbares Brot, das in der Ernährung der Gesunden genau wie Vollkornbrot Verwendung finden kann.

In der Diätetik, bei der Behandlung von Kranken, zeichnet sich Knäckebrot durch besondere Vorzüge aus. Es ist das am besten geeignete Brot für Zuckerkranke, weil die einzelne Scheibe nur 13 gr. wiegt. Der Kohlehydratgehalt ist zwar etwas höher als im gewöhnlichen Brot, 10 gr. in einer Scheibe, während Weißbrot im Mittel 50% Kohlehydrate enthält. Wenn ein Diabetiker 100 gr. Brot verzehren darf, so kann er vom Weißbrot etwa 3 kleine Scheiben essen, während er vom Knäckebrot 5 größere Scheiben verzehren kann. Da diese Menge Knäckebrot etwa die doppelte Oberfläche hat, läßt sich mit ihr wesentlich mehr Fett einführen, sodaß die einzelne Mahlzeit stärker sättigt und die Diabetiker die Beschränkung der Kohlehydrataufnahme weniger stark empfinden als beim gewöhnlichen Brot.

Das diätetische Prinzip der Behandlung der chronischen Stuhlverstopfungen besteht in der Bevorzugung ballastreicher pflanzlicher Nahrungsmittel. Man empfiehlt daher diesen Kranken von Broten die groben Schrotbrote und andere Vollkornbrote. Neben ihnen oder an ihrer Stelle kann man auch das Knäckebrot verwenden.

Bei der Behandlung der anderen Erkrankungen des Magen-Darmkanals ist die Schonung das Prinzip der Diättherapie. Man pflegt dann eine schlackenarme Nahrung zu geben. Sehr häufig hat dies zur Folge, daß eine unerwünschte Obstipation auftritt. Bei Erkrankungen, bei welchen die Schonung sehr streng durchgeführt werden muß, wird man Knäckebrot nicht verwenden. Darf man mildere Vorschriften anwenden, kann man sich des Knäckebrotes häufig schon frühzeitig bedienen, während man von gröberen Brotsorten noch keinen Gebrauch machen kann.

Dies hängt mit der eigenartigen physikalisch chemischen Beschaffenheit der Fladengebäcke zusammen. Die Kohlehydrate sind im Knäckebrot weitgehend dextrinisiert, also besonders leicht verdaulich. Das Knäckebrot ist außerdem sehr wasserarm und spröde. Beim Kauen wird es infolgedessen viel besser zerkleinert als andere Brote, welche, wenn sie nicht ganz altbacken sind, verklumpen und in Form mehr oder weniger großer Brocken verschluckt werden, in welche die Verdauungssäfte nur langsam eindringen. Das Knäckebrot besitzt außerdem ein hohes Quellungsvermögen für Wasser. Es saugt daher die Verdauungssäfte gewissermaßen in sich hinein, sodaß der Verdauungsprozeß besonders rasch ablaufen kann. Ein Nachteil der Verwendung grober Brote ist häufig die lästige Gasentwicklung und der dadurch hervorgerufene Meteorismus. Dieses Gas bildet sich hauptsächlich durch bakterielle Zerlegung der Pentosane, Pectine und anderer Zellmembranbestandteile. Da diese Gasblähung beim Knäckebrot nicht oder wenig auftritt, dürfen wir wohl vermuten, daß auch diese Zellwandbestandteile durch den intensiveren Backprozeß im günstigen Sinne beeinflußt werden.

Das Knäckebrot läßt sich daher in der diätetischen Praxis in vielseitiger Weise verwenden.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit habe ich in der Einleitung die Bedeutung und Verbreitung der Fladengebäcke besprochen. Im Hauptteil habe ich dann eines von ihnen, das Knäckebrot, auf seine Ausnutzung untersucht.

In Selbstversuchen von 4—5 Tagen Dauer wurden für Knäckebrote aus Weizen, Roggen und Hafer folgende Bilanzwerte gefunden. Der Verlust durch den Kot betrug in Prozenten der Einfuhr bei:

	N. Subst.	Kohlehydrat
Roggenbrot	49,06%	6,12%
Haferbrot	34,79%	4,61%
Weizenbrot	39,46%	7,58%

Die Werte decken sich mit denen, welche in analogen Versuchen mit Vollkornbroten erhalten wurden.

Die wirkliche Ausnutzung ist besser, als es in diesen Werten zum Ausdruck kommt, da ein beträchtlicher Teil des Kotstickstoffs aus der Darmwand und nicht aus der Nahrung stammt.

Im Schlußteil habe ich dann noch die diätetischen Anwendungsmöglichkeiten des Knäckebrotes besprochen.

An dieser Stelle möchte ich nicht versäumen, Herrn Privat-Dozent Dr. Heupke für die Ueberlassung des Themas dieser Arbeit und die weitgehende Unterstützung zu danken.

Literatur.

v. Bibra: Die Getreidearten und das Brot. Nürnberg 1860.

Maurizio: Die Geschichte unserer Pflanzennahrung von den Urzeiten bis zur Gegenwart. Verlag von Pant Parey, Berlin 1927.

Heupke-Lampert: Medizinische Kolloidlehre. Diätetik der Erwachsenen. 1933.

Heupke: Das Brot. Deutsche Medizinische Wochenschrift 1934, S. 1823.

Heupke: Die Verdauung der pflanzlichen Nahrungsmittel. Zeitschrift f. Volksern. u. Diätkost, 6. Jahrg., Heft 3, 1931.

v. Norden-Salomon: Handbuch der Ernährungslehre, Bd. I, Berlin 1920.

R. O. Neumann: Die im Kriege 1914—1918 verwendeten und zur Verwendung empfohlenen Brote, Brotersatz- und Brotstreckmittel. Berlin 1920.

E. G. Dresel und H. O. Hettche: Untersuchungen über Knäckebrote im Vergleich mit anderen Broten. Archiv für Hygiene 1932, Bd. 108, S. 1. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München.

F. Groebbels: Med. Welt, 1929, Nr. 48.

W. Heupke und F. Belz: Die Menge des Sekretstickstoffes im Stuhl und die Eiweißausnutzung der Nahrung. Arch. f. Hygiene u. Bakteriologie 1935, Bd. 114, Heft 1.

Lebenslauf.

Am 1. Juli 1909 wurde ich als Sohn des Hotelbesitzers Josef Wenzel und seiner Ehefrau Maria, geb. Bartelmes, in Schmitten/Taunus geboren. Meine ersten Schuljahre verbrachte ich in Schmitten/Taunus. 1920 kam ich auf das Gymnasium zu Boppard a. Rhein. Nach dreijährigem Schulbesuch wechselte ich die Schule und besuchte nun die Oberrealschule zu Oberursel a. Ts., wo ich Ostern 1930 die Reifeprüfung bestand.

Vom Sommersemester 1930 ab studierte ich Medizin. Nach 5 vorklinischen Semestern, von denen ich das erste in Wien verbrachte, bestand ich im Herbst 1932 meine ärztliche Vorprüfung in Frankfurt am Main. Die letzten Semester vor der Staatsprüfung verbrachte ich in Frankfurt am Main.

Druckerei M. Jacobi, Frankfurt a. M.